

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АДАПТАЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Снежко С. И., Шевченко О. Г., Куприков И. В.

Киевский национальный университет имени Тараса

Шевченко, г. Киев

E-mail: tempo2007@meta.ua

Во многих регионах нашей планеты питьевая вода уже давно является чрезвычайно дефицитным продуктом. Более 1,1 млрд. населения планеты вообще не имеют доступа к воде, ежегодно умирает 6 млн. человек, в основном детей в возрасте до 5 лет, из-за болезней, связанных с использованием непригодной для питья воды.

Практически на всей планете наблюдается усиление негативного влияния на количественное и качественное состояния водных ресурсов таких факторов как изменение климата, землепользование, рост численности населения, загрязнение воды, растущее водопотребление. В докладе ООН о состоянии мировых водных ресурсов (2003 г.) отмечается, что в случае неблагоприятного стечения обстоятельств уже к середине XXI века 7 млрд. населения нашей планеты из 60 стран, столкнутся с проблемой дефицита питьевой воды; по сценарию благоприятных условий эта проблема не исчезнет, она тоже будет иметь место в 48 странах мира, где проживает 2 млрд. населения.

Новой глобальной тенденцией современного развития является превращение водных ресурсов в главные стратегические, что все чаще становятся предметом международных конфликтов, вооруженных столкновений и даже войн. Таким образом, именно недостаточное количество воды превращается в настоящее время в главную угрозу дестабилизации ряда регионов и приводит к росту их уязвимости. Наиболее опасными являются следующие тенденции:

- усиление водного стресса на африканских территориях южнее Сахары при одновременном повышении доли населения стран этого региона, испытывающих водный стресс, с 30 % до 85 %;

- усугубление водных проблем на Ближнем Востоке и в Северной Африке – средняя обеспеченность водой в регионе снизится до 500 м³ на одного человека;

- присоединение Индии и Китая к группе стран, испытывающих водный стресс.

Растущее потребление воды промышленностью приводит к истощению природных водных ресурсов, к снижению производства продовольствия и к значительной миграции населения в другие страны, в частности в Европу.

Если сегодня одной из основных глобальных проблем мира является энергетическая безопасность, то в условиях изменения климата на первый план выйдет водная безопасность. Мировое сообщество трактует ее как такое распределение воды и водоемкой продукции, при котором не возникает угрозы международной стабильности, водных войн, водного терроризма. Согласно прогнозам российских ученых, уже в период 2035–2045 гг. объем пресной воды, который потребляет человечество, сравняется с ее ресурсами. Для смягчения негативного влияния вышеперечисленных факторов на водные ресурсы, нужны новейшие стратегии развития водного хозяйства и рационального использования водных ресурсов, которые включают и адаптацию к ожидаемым изменениям климата.

Управление водными ресурсами – это взаимодействие технологических, экономических и институциональных механизмов для обеспечения баланса между потребностями и наличием воды. В большинстве развитых европейских стран давно установилась инфраструктура водного хозяйства. Управление водными ресурсами происходит в условиях стабильной численности населения и уменьшения антропогенного воздействия на существующие водные ресурсы. В результате эффективность управления ими только растет. В развивающихся странах рост населения и растущее антропогенное давление на водные ресурсы ограничивают возможности развития водного хозяйства, возникает острая необходимость адаптации его к возможным изменениям климата.

Менеджмент водных ресурсов по своей природе является процессом адаптации к реальным условиям, основанный на опыте и научном познании. Управление водными ресурсами в странах Восточной Европы осложняется их переходной экономикой и рядом нерешенных экологических проблем. При дальнейшем развитии этих стран потребности в водных ресурсах будут расти даже при

постоянной численности населения. Это приведет к потребности в развитии водоснабжения и водоотведения и будет требовать значительных капиталовложений на развитие необходимой инфраструктуры.

При долгосрочном планировании (20–30 лет) водохозяйственных проектов в развивающихся странах, водные менеджеры должны учитывать и влияние изменения климата на новую инфраструктуру водного хозяйства. Неопределенности существуют на локальном и региональном уровнях воздействия изменения климата на гидрологические ресурсы; они будут распространяться и на неопределенности менеджмента водных ресурсов, условия водоснабжения. В результате, эти локальные и региональные неопределенности обостряют еще больше уже имеющиеся неопределенности будущих потребностей водных ресурсов, которые регулируются социально-экономическими процессами. Управление водными ресурсами должно осуществляться таким образом, чтобы защитить социально-экономическую систему от климатических вариаций.

Уменьшение стока грозит уменьшением водоснабжения, замедлением экономического развития, а увеличение – потенциальной возможностью развития катастрофических паводков, переполнением и разрушением построенных водохранилищ. Исходя из вышесказанного, исследование долгосрочных тенденций изменения водных ресурсов в условиях изменения климата является важнейшей научной задачей, имеющей огромное экономическое значение.

Влияние климатических изменений на пополнение стока и подземных вод меняется в зависимости от региона и типа сценария и в значительной мере соответствует прогнозируемым изменениям осадков. Наши исследования показывают, что в условиях современного климата на большей части территории Украины формируются устойчивые положительные тенденции изменения водного стока рек.

В течение последних двадцати лет сезонный ход речного стока и атмосферных осадков в Украине претерпел существенные изменения: на равнинной территории отмечено уменьшение весенней (паводочной) доли стока и увеличение меженного стока. В Карпатах изменения водного стока в течение зимних и весенних месяцев незначительны, уменьшаются летние и

увеличиваются осенние расходы воды. Весной и осенью почти на всей территории страны наблюдается увеличение количества осадков, а летом и зимой (за исключением Карпат) – уменьшение.

Современные особенности формирования водного стока с территории Украины не могут быть перенесенными на перспективу, так как существует слишком много неопределенностей как природного характера (изменение климата), так и социально-экономических изменений.

Определенный ответ относительно будущих изменений водных ресурсов Украины можно получить в работах некоторых отечественных и зарубежных ученых. В частности, в работах А. И. Шерешевского [4], который для исследования водного стока рек бассейна Днестра использовал несколько сценариев изменения климата, построенных на основе расчетов по моделям общей циркуляции атмосферы GFDL, UKMO, MPI. На основе анализа полученных данных автор делает следующие выводы, что годовой сток рек верхней части бассейна Днестра снизится на 2–18 %. Сток остальных рек бассейна увеличится на 20–30 %. Для сценариев, построенных на основе модели MPI сток рек бассейна уменьшится на 7–50 %, а для сценария, построенного на основе модели UKMO для условий удвоения концентрации CO₂ в атмосфере следует ожидать увеличения стока по всем бассейнам-индикаторам.

Значительный интерес представляют и исследования Е.Д. Гопченко, Н.С. Лободы [1]. Они осуществляли оценку водных ресурсов Украины по трем альтернативным сценариям глобального потепления, рекомендованными II Всемирной климатической конференцией (Женева, 1990 г.). Как считают авторы, увеличение концентраций парниковых газов в атмосфере и последующее глобальное потепление приведут к росту теплоэнергетических ресурсов Украины, способствуя увеличению дефицита влажности воздуха. Характер изменения ресурсов увлажненности неодинаков и определяет особенности изменения водных ресурсов. Увеличение водных ресурсов в условиях глобального потепления не будет. Напротив, по данным двух сценариев, ожидается снижение стока. Развитие глобального потепления по первому сценарию приведет к серьезным последствиям, поскольку только климатическая норма стока в среднем по Украине уменьшится на 25 %. Одновременно со снижением нормы

будет наблюдаться усиления его многолетней изменчивости и асимметричности распределения. В результате, уменьшение стока маловодных лет может превысить в южных районах 50 %. Ими также установлено, что при сохранении современного уровня хозяйственного освоения водосборов и изменении климатических характеристик по первому сценарию сток рек на юге будет близким к нулю.

По данным Национальной метеорологической службы Великобритании в странах Центральной и Восточной Европы, включая Украину, сток летом уменьшится на 50 % [3]. Гидрологи Дрезденского университета оценивают уменьшение стока в бассейне Западного Буга на период до 2080 г. на 24,5–28 % [7].

Оценки будущих изменений речного стока на территории Украины, полученные этими исследователи не характеризуются системностью, опираются на различные информационные базы и методические подходы, характеризующие особенности различных регионов Украины. Поэтому неудивительно, что полученные оценки меняются в широком диапазоне (от -50 % до + 30 %) и не создают серьезной научно-методической базы для

менеджмента водных ресурсов и проведения адаптационных мероприятий к климатическим изменениям (рис. 1).

Именно поэтому для получения современных и достоверных оценок, которые опираются на результаты тщательно проведенного моделирования климата и были выполнены данные исследования. С целью диагностики влияния климатических изменений на состояние водных ресурсов нами было выбрано 18 малых и средних рек Украины, которые являются репрезентативными для различных природных зон Украины.

При их отборе использовались следующие критерии:

- водоемы рек должны быть размещены в пределах территории с однородными условиями формирования климата (природная зона, физико-географическая область);
- трансзональные реки, которые пересекают несколько природных зон, не исследовали;

- водные объекты должны иметь естественный или близкий к природному гидрологический режим; реки с зарегулированным стоком и с высокой степенью хозяйственного использования не подлежали исследованию;

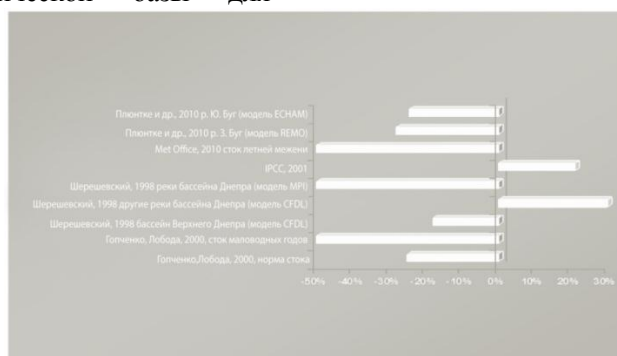


Рисунок 1. – Сопоставление оценок возможных изменений водного стока на территории Украины в XXI веке.

- ряды наблюдений должны характеризовать максимально длительный временной период, который бы включал как минимум данные за период 1961–1990 гг., который рекомендован ВМО в качестве базового климатического периода для расчета климатических норм и сравнение их с нормами следующих климатических периодов; при наличии длинных рядов наблюдений рекомендуется использовать их в полном объеме;

- количество пропусков в гидрометеорологических данных должно быть минимальным (на большей части метеорологических станций и гидрологических постов Украины ряды наблюдений имеют

пропуски (следствие гражданской и второй мировой войн и т.д.);

- метеорологические данные должны принадлежать только станциям, не находящимся в зонах влияния городских островов тепла;

- используются только данные по станциям, которые не меняли своего географического положения с момента начала наблюдений.

Для оценки воздействия климатических изменений на водный сток речного бассейна было использовано метод водного баланса, который уже более века относится к основным методам исследований гидрологической науки. А начиная со второй половины XX в., он довольно успешно используется для решения

задач, связанных с оценкой воздействия климата на водные ресурсы, как отдельных речных бассейнов, так и целых регионов, стран и континентов.

Успешным примером применения метода водно-теплового баланса, по нашему мнению, является работа Е.Д. Гопченко и Н.С. Лободы, в которой было реализовано уравнения водно-теплового баланса В.С. Мезенцева и др. для решения задачи оценки природных водных ресурсов Украины [1]. Нами была использована альтернативная водно-балансовая модель, разработанная французским гидрологом L. Tugc. Ему впервые удалось установить четкое соотношение между осадками, температурой и стоком, детально описанное в работе [8].

Модель рассчитана на использование средних годовых данных и получила широкое распространение для прогноза возможных изменений водных ресурсов во второй половине XX в. в связи с возникновением новой научной задачи – оценки будущих запасов водных ресурсов в случае изменения климата.

Она была успешно применена польским гидрологом Z. Kaczmarek для оценки изменений водных ресурсов планеты при подготовке II доклада Межправительственной группы экспертов по вопросам изменения климата [5, 6]. Данная методика является достаточно чувствительной для изменений осадков и температуры и позволила получить вполне удовлетворительные результаты прогноза также для бассейнов рек Европы [5,6].

Удобство использования данной модели объясняется тем, что все современные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) имеют целью расчет основных параметров будущего климата планеты в зависимости от того или иного сценария развития общества, а именно, температуры и осадков. То есть именно тех параметров, которые используются в модели L. Tugc как входные параметры.

Исходя из результатов апробации данной модели на речных бассейнах различных природных зон и сравнение их с результатами U. S. Country Studies Program, которые оценивают изменения водных ресурсов в более чем 40 странах мира, можно рекомендовать ее как основную модель для прогнозирования изменений водных ресурсов под влиянием климата и в условиях Украины [6].

Для расчета входных параметров водно-балансовой модели нами были использованы

опубликованные результаты прогнозирования температуры воздуха и количества осадков в XX в., которые были рассчитаны учеными из Украинского гидрометеорологического института и кафедры метеорологии и климатологии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко с использованием региональной модели REMO (Институт метеорологии Макса-Планка, г. Гамбург, Германия) и данных мирового климатического центра CRU [2]. Учен сценарий глобального развития A1B.

Значение климатических параметров рассчитывалось в каждом узле прямоугольной координатной сетки с шагом $0,25^\circ$ по широте и долготе, которой условно была покрыта территория Украины (всего 1183 узлов). Прогнозные расчеты велись с временным шагом в 20 лет. Таким образом, прогнозные значения температуры воздуха и количества осадков для 20-летних периодов XXI в.: 2001–2020 гг., 2021–2040 гг., 2041–2060 гг., 2061–2080 гг. и были использованы нами в расчетах.

Результаты расчетов по водно-балансовой модели позволили получить прогнозные величины характеристик водных ресурсов местного стока в виде слоя годового стока. В табл. 1 приведены характеристики стока как для средних по водности лет, так и для маловодных и многоводных лет.

Анализ данных предыдущей таблицы и их сравнение со средней многолетней нормой стока позволяет оценить ожидаемые изменения водного стока в средние по водности годы в различные прогнозные периоды (рис. 2).

На следующем рис. 3 показано отклонение прогнозируемых значений водного стока от их средних многолетних норм в разные временные периоды. Этот рисунок дает возможность наглядно оценить временную динамику ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.

Анализ полученных результатов показывает, что в период до 2020 г. водность практически всех исследуемых рек будет выше их средних многолетних норм. Так же, в период с 2021 по 2040 г. водность большинства рек все еще будет выше средней. Для горных рек Карпат и Крыма останется близкой к норме. Значительное уменьшение стока ожидает Южный Буг, а для Самары возможно полное прекращение стока.

В течение 2061–2080 гг. расходы воды почти всех исследованных рек будут меньше

нормы стока, а для большинства – существенно меньше. Близкой к нулю станет водность р. Сулы. Несущественным уменьшение стока будет только для Карпатского региона и горного Крыма.

Таким образом, в течение нынешнего века для подавляющего количества административных областей Украины, кроме Закарпатской, будет наблюдаться уменьшение поверхностного водного стока, что связано с потеплением (увеличение приземных температур воздуха, увеличение испаряемости) и уменьшением количества атмосферных осадков.

Несмотря на такую доминирующую тенденцию развития водного стока, в Закарпатской, Ивано-Франковской, Тернопольской, Львовской, Волынской, Ровенской, Черновицкой и Сумской областях сток не будет прекращаться даже в маловодные засушливые годы.

Реализация этих тенденций в будущем может привести к двум основным проблемам в управлении водными ресурсами: повышению водного стресса в пределах равнинной территории страны (степная и лесостепная зона) и увеличению риска паводков на горных реках западного региона страны.

Таблица - 1. – Результаты прогноза водного стока репрезентативных рек Украины в XXI в. (слой стока – мм).

Река- пост	Значения стока	2001–2020	2021–2040	2041–2060	2061–2080
Лугань– Луганск	Среднее	121,6	107,4	127	87,5
	Min	107,9	93,2	117,5	74,2
	Max	130,3	132,3	140,7	97,7
Буг – Каменка Бугская	Среднее	247,2	236,8	233,1	221,5
	Min	228	213,9	221,4	204,9
	Max	260,7	254,1	245,6	236,7
Уж – Ужгород	Среднее	465,5	458,4	441,1	440,8
	Min	448,5	438	426,8	422,5
	Max	480,4	481,2	458,3	459,6
Тиса – Вилок	Среднее	730,9	706,6	652,4	657,6
	Min	699,9	670,2	643,1	624,5
	Max	757,7	748	699,3	692,6
Рось– Корсунь-Шевченковский	Среднее	68,8	51,4	55,2	37,2
	Min	56,1	32,5	36,2	27,4
	Max	91,9	75,5	90,5	47,5
Случ– Сарны	Среднее	141,5	135,5	117,2	112,3
	Min	128,8	117,1	105,3	95,1
	Max	159,6	156,9	138,1	128,5
Стыр– Луцк	Среднее	135,5	117,3	102,5	77,8
	Min	111,3	94,7	90,6	59,1
	Max	148	138,5	120,2	95,4
Северский Донец – Изюм	Среднее	102,1	91,2	94,7	47,6
	Min	96,6	63,1	75,3	18,9
	Max	117,6	110,5	107,9	80,7
Сула– Лубны	Среднее	77,6	79,4	55,1	5,1
	Min	53,6	50,6	28,5	0
	Max	98,3	92,7	90	37,6
Стрый – Верхнее Синевидное	Среднее	618,2	609,4	611,7	602,3
	Min	584,1	566,9	589,3	571,3
	Max	643	640,2	634	631,4
Дерекойка – Ялта	Среднее	481,6	459	450,6	443,6
	Min	457,1	437,4	415,2	406,8
	Max	516,7	478,3	491,5	487,4

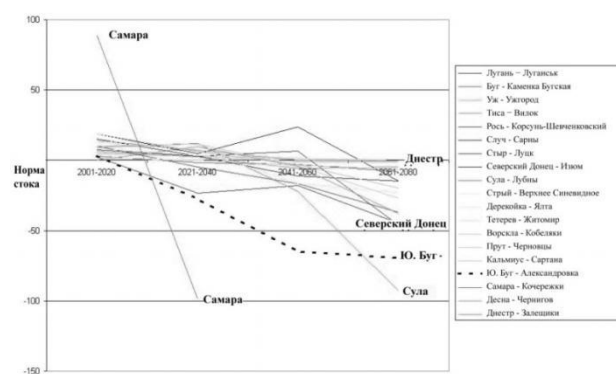


Рисунок 3. — *Временная динамика ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.*

Список использованных источников

1. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. – 2000. – т. 36, № 3. – С. 67–78.
2. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Численный прогноз регионального климата Украины на основе сценариев возможных глобальных климатических изменений в XXI веке (Заключительный отчет). № гос. регистрации 0108U007657. – 2010. – 97 с.
3. Последствия изменения климата: Украина. Национальная метеорологическая служба Великобритании. Министерство иностранных дел и по делам Содружества. 2010. – 20 с.
4. Украина и глобальный парниковый эффект: уязвимость и адаптация экологических и экономических систем к изменению. – К.: Издательство Агентства по рациональному использованию энергии и экологии, 1998. – 210 с.
5. Kaczmarek Z. Polish Water Resources Vulnerability Assessment, Report To U. S. Countries Studies Program. – 1995.
6. Kaczmarek Z. Water Resource Management/ Contribution Of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York. – 1996. – P. 880.
7. Pluntke T., Barfus K., Myknovych A., Bernhofer K. Hydrologic Effects Of Climate Change in the Western Bug Basin // International Conference Global And Regional Climate Changes (16–19 November 2010). Proceedings on the CD-ROM. – 7 p.
8. Turc L. Water Balance Of Soils: Relationship Between Precipitation, Evapotranspiration and Runoff. Annales Agronomiques. – 1954. – Vol. 5. P. 491–595.